



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup> :</b>  <b>G01R 29/08</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 92/14164</b>  <b>(43) Date de publication internationale:</b> 20 août 1992 (20.08.92)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR92/00080 <b>(22) Date de dépôt international:</b> 29 janvier 1992 (29.01.92) <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 91/01344 1er février 1991 (01.02.91) FR <b>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 15, quai Anatole-France, F-75700 Paris (FR). <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement) :</b> VAN DE VELDE, Jean-Claude [FR/FR]; Résidence Europe C7-233, Avenue Schumann, F-59370 Mons-en-Barœul (FR). CONSTANT, Eugène [FR/FR]; 39, avenue du Vieux-Château, F-59650 Villeneuve-d'Ascq (FR).		<b>(74) Mandataire:</b> LEPAGE, Jean-Pierre; Cabinet Lepage & Aubertin Innovations & Prestations S.A., 23-25, rue Nicolas-Leblanc, Boîte Postale N° 1069, F-59011 Lille Cédex 1 (FR).  <b>(81) Etats désignés:</b> AT (brevet européen), BE (brevet européen), CH (brevet européen), DE (brevet européen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), GR (brevet européen), IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), MC (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US.  <b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i>
<b>(54) Title:</b> METHOD FOR MEASURING THE TEMPERATURE OF A MATERIAL BY USING MICROWAVE RADIATION <b>(54) Titre:</b> MESURE DE LA TEMPERATURE D'UN MATERIAU, UTILISANT LE RAYONNEMENT MICRO-ONDE <b>(57) Abstract</b> <p>The invention relates to a method and a device for measuring the temperature <math>T_x</math> of any material or object, by using a microwave radiation, as well as to an application of said method for determining the coefficient of hyperfrequency reflection of any material or object. According to the method, the microwave radiation emitted through an antenna (1) is captured and the signals received are directed towards signal processing means (3). Additionally, between the antenna (1) and said means (3), a given impedance line (4) is intercalated whose impedance is a function of the input impedance of said means (3), and with a length <math>L</math> much bigger than the wave length of processed signals, so that the correlation factor of said means (3) is negligible. Furthermore, the output voltage is processed by calculation of all parameters by cyclically modifying the structure of said processing means (3).</p> <div data-bbox="987 1186 1380 1543"> </div> <p><b>(57) Abrégé</b></p> <p>L'invention est relative à un procédé et à un dispositif de mesure de la température <math>T_x</math> d'un matériau ou d'un objet quelconque, utilisant un rayonnement micro-onde, ainsi qu'à une application dudit procédé pour la détermination du coefficient de réflexion hyperfréquence d'un matériau ou d'un objet quelconque. Selon le procédé, on capte le rayonnement micro-onde émis par l'intermédiaire d'une antenne (1) et on dirige les signaux reçus vers des moyens (3) de traitement des signaux. En outre, on intercale, entre l'antenne (1) et lesdits moyens (3), une ligne (4) d'impédance donnée, fonction de l'impédance d'entrée desdits moyens (3), de longueur <math>L</math> très grande devant la longueur d'onde des signaux traités, telle que le facteur de corrélation desdits moyens (3) soit négligeable. Par ailleurs, on traite la tension de sortie par calcul de tous les paramètres en modifiant cycliquement la structure desdits moyens de traitement (3).</p>		

# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	ES	Espagne	MG	Madagascar
AU	Australie	FI	Finlande	ML	Mali
BB	Barbade	FR	France	MN	Mongolie
BE	Belgique	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BF	Burkina Faso	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BG	Bulgarie	GN	Guinée	NL	Pays-Bas
BJ	Bénin	GR	Grèce	NO	Norvège
BR	Brsil	HU	Hongrie	PL	Pologne
CA	Canada	IT	Italie	RO	Roumanie
CF	République Centrafricaine	JP	Japon	RU	Fédération de Russie
CG	Congo	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CH	Suisse	KR	République de Corée	SE	Suède
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Sénégal
CM	Cameroon	LK	Sri Lanka	SU	Union soviétique
CS	Tchecoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
DE	Allemagne	MC	Monaco	TG	Togo
DK	Danemark			US	Etats-Unis d'Amérique

Titre: Mesure de la température d'un matériau, utilisant le rayonnement micro-onde

5 L'invention concerne la détermination de la température d'un matériau ou d'un objet quelconque ainsi que de son coefficient de réflexion hyperfréquence.

Pour déterminer la température d'un objet, il est connu d'utiliser des procédés de mesure par lesquels on capte les signaux de bruits thermiques émis par cet objet  
10 dans le domaine des hyperfréquences, et on établit une correspondance entre la puissance des signaux captés et la température de l'objet.

A ce sujet, le terme "objet" doit être pris dans un sens très large car il peut désigner tout aussi  
15 bien un objet matériel mais également un matériau voire même des tissus vivants. En effet, tout corps absorbant émet des signaux de bruits thermiques en rapport direct avec sa température. Ces signaux de bruits thermiques sont émis dans un domaine de fréquence très large.

20 Pour effectuer la mesure de température, on connaît également d'autres procédés utilisant les signaux émis dans le domaine des infrarouges. Cependant, l'inconvénient réside dans le fait que les signaux captés sont émis principalement par la surface du corps à mesurer  
25 et on ne peut alors mesurer que la température de surface.

Un autre mode de mesure de température connu réside dans l'utilisation d'un thermo-couple introduit nécessairement à l'intérieur du corps dont on souhaite mesurer la température. Cependant, dans de très nombreux  
30 cas, la pénétration du thermo-couple dans le corps constitue un inconvénient majeur.

Pour éviter ces inconvénients, on préfère prendre en compte les signaux de bruits thermiques émis dans le domaine des hyperfréquences, c'est-à-dire des  
35 fréquences variant approximativement entre 0,5 et 20 GHz.

A cet égard, on connaît des dispositifs de radiométrie micro-onde dans lesquels on capte le rayonnement micro-onde émis par l'intermédiaire d'une antenne et on dirige les signaux reçus vers des moyens de

traitement des signaux qui permettent de déterminer la température de l'objet considéré.

Cependant, un des principaux problèmes rencontrés en radiométrie hyperfréquence réside dans l'adaptation de l'antenne en présence du matériau dont on veut connaître la température. En effet, l'antenne utilisée présente un coefficient de réflexion  $R_0$  et de ce fait l'antenne n'est jamais parfaitement adaptée compte tenu du fait que les objets à mesurer sont généralement de configuration, de taille et de propriété différentes.

Dans ces conditions, l'erreur commise dans la mesure de la température de l'objet, résultant du fait que le coefficient  $|R_0|^2$  de l'antenne est différent de zéro, entraîne deux constatations à savoir : d'une part, l'émissivité de l'objet  $= 1 - |R_0|^2$  est différente de l'unité, et d'autre part, compte tenu du coefficient de réflexion de l'antenne, une partie du bruit émis à l'entrée des moyens de traitement des signaux se trouve réfléchi par l'antenne, puis amplifiée par les dits moyens et contribue de ce fait indûment au signal mesuré à la sortie des dits moyens.

Pour pallier ces différents inconvénients, différents procédés ont été imaginés pour permettre de mesurer la température intérieure d'un corps sans pour autant nécessiter l'introduction dans ce corps de moyens pour capter cette température.

En effet, on connaît du document FR-2.497.947 un procédé et un dispositif de thermographie en micro-onde basé sur le principe du radiomètre de Dicke utilisant une antenne, un circulateur, une source auxiliaire de bruit de caractéristiques connues, un amplificateur-récepteur et un détecteur. En outre, selon ce document, l'emploi du circulateur est associé à un commutateur hyperfréquence à deux voies reliant cycliquement la ligne de mesure à l'antenne ou mettant la ligne de mesure en court-circuit.

Ainsi, cet ensemble circulateur-commutateur permet d'une part d'absorber le signal émis à l'entrée de l'amplificateur, et d'autre part de présenter à l'antenne une charge de température sensiblement égale à celle du

matériau à mesurer. Dans ces conditions, lorsque le coefficient  $|R_o|^2$  est différent de zéro, la diminution de bruit émis par le matériau à mesurer est compensée par le bruit émis par la dite charge et réfléchi par l'antenne.

5                   Toutefois, le procédé et le dispositif FR-2.497.947 obligent l'emploi d'un circulateur, ce qui peut être préjudiciable dans certains cas. En effet, le circulateur est généralement constitué par un élément à ferrite déterminé en fonction du domaine de fréquences et  
10                   dont la taille et le prix sont intangibles. Ceci se répercute donc naturellement sur le coût du dispositif et sur sa dimension, interdisant toute possibilité d'intégration monolithique du dispositif.

                  Cela étant, on connaît du document FR-2.561.769  
15                   un procédé de contrôle d'adaptation d'impédance dans les chaînes de réception faible bruit et un thermomètre micro-onde miniature de mise en oeuvre de ce procédé.

                  Un tel dispositif comporte une antenne, une source de bruit étalon ajustable en température et en  
20                   impédance, des moyens de commutation assujettis à l'antenne et à la source de bruit étalon, un amplificateur disposé en aval du commutateur, délivrant un signal d'amplitude correspondant à la différence de niveau entre les signaux issus de l'antenne et de la source de bruit étalon, une  
25                   impédance additionnelle contrôlée pour être placée périodiquement sur l'entrée de l'amplificateur, et des moyens pour analyser l'écart des impédances présentées par l'antenne et la source de bruit étalon, et pour ajuster, en adaptant leur impédance, soit l'antenne, soit la source de  
30                   bruit, pour égaliser les influences exercées par l'impédance additionnelle sur l'antenne et sur la source de bruit, et par voie de conséquence pour égaliser les impédances présentées par l'antenne et la source de bruit étalon.

35                   Ainsi, le procédé FR-2.561.769 consiste à essayer d'utiliser une source de bruit de référence, dont le coefficient de réflexion réglable électroniquement est rendu égal en module à celui de l'antenne placée en présence de l'objet à mesurer. A cet effet, le bruit émis

par l'entrée de l'amplificateur, peut être utilisé pour vérifier l'égalité des deux coefficients de réflexion, et l'on utilise dans ce but une impédance additionnelle variable dont la valeur peut être commandée  
5 électroniquement, et qui est placée à l'entrée de l'amplificateur.

Une telle technique permet de s'affranchir du circulateur, mais, malheureusement, ne peut être utilisée que lorsque la charge présentée par l'antenne est résistive  
10 et si la longueur de ligne placée entre l'antenne et l'amplificateur est négligeable.

Aux inconvénients des dispositifs connus s'ajoutent d'autres limitations auxquelles il n'est pas possible de répondre. En particulier, lorsqu'on utilise un  
15 circulateur, la taille de la ferrite mise en oeuvre est d'autant plus grande que l'on travaille à fréquence faible. Par exemple, à 1 GHz, la taille devient vite prohibitive. En outre, lorsque l'on travaille pour déterminer la température avec une méthode de zéro,  
20 généralement on cherche à rendre nul un facteur constitué par la différence entre la température de la source auxiliaire de référence et la température du corps à mesurer. Aussi, il devient délicat de mesurer la température d'un corps de température inférieure à 273°K  
25 (°C), ce qui est préjudiciable dans certains cas.

En outre, dans une chaîne de mesure, la suppression de l'élément circulateur n'est pas sans poser de problèmes. En effet, pour un amplificateur de gain  $g$  donné, ce dernier présente inévitablement un bruit d'entrée  
30  $T_e$  ainsi qu'un bruit de l'amplificateur  $T_a$ , caractérisant son facteur de bruit. Aussi, dans les circuits à amplification directe, il y a lieu de tenir compte de l'influence d'une éventuelle corrélation entre le bruit d'entrée  $T_e$  et le bruit de sortie de l'amplificateur  $T_a$ .  
35 lorsque la charge à l'entrée du circuit n'est pas adaptée.

Les erreurs de mesure dues à la désadaptation dépendent du coefficient de réflexion  $R_o$  et des dits bruits  $T_e$  et  $T_a$ .

Pour pallier le phénomène de corrélation, il

est connu d'utiliser en parallèle sur la ligne d'entrée de l'amplificateur, des décaleurs de phases apériodiques (phase-shifters) qui permettent d'introduire aléatoirement des phases  $-\pi/2$ ,  $+\pi/2$  par exemple dont le but est d'interdire toute possibilité de construction cohérente des bruits et donc d'annuler toute corrélation entre  $T_o$  et  $T_a$ .

Toutefois, de tels décaleurs de phases réduisent l'amplitude des signaux de bruits captés et présentent d'autre part des dimensions importantes qui condamnent toute possibilité d'intégration monolithique du radiomètre.

Le but de la présente invention est de proposer un procédé et un dispositif de mesure de la température d'un matériau ou d'un objet quelconque utilisant le rayonnement micro-onde qui permettent de pallier les inconvénients précités et qui permettent de s'affranchir de l'utilisation d'un circulateur tout en autorisant une mesure précise de la température.

Un des buts de la présente invention est de proposer un procédé et un dispositif de mesure de signaux radiométriques qui puissent par voie de conséquence être réalisés selon des techniques d'intégration monolithique et par suite miniaturisable et de faible coût.

Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de mesure de signaux radiométriques qui puisse être utilisé lorsque l'antenne n'est pas particulièrement adaptée à l'objet à mesurer, ou si la longueur de ligne placée entre l'antenne et l'amplificateur n'est pas négligeable.

Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé et un dispositif de mesure de signaux radiométriques qui permettent de s'affranchir de l'influence d'une éventuelle corrélation entre le bruit d'entrée et le bruit de sortie de l'amplificateur lorsque la charge à l'entrée n'est pas adaptée.

Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de mesure de signaux radiométriques qui n'utilise pas le principe du radiomètre de Dicke tout en donnant un résultat équivalent voire même supérieur.

En effet, un autre but de la présente invention concerne l'application du procédé de mesure de signaux radiométriques à la détermination du coefficient de réflexion hyperfréquence d'un matériau ou d'un objet  
5 quelconque.

D'autres buts et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre qui n'est cependant donnée qu'à titre indicatif et qui n'a pas pour but de la limiter.

10 Selon l'invention, le procédé de mesure de la température  $T_x$  d'un matériau ou d'un objet quelconque, utilisant le rayonnement micro-onde, par lequel on capte le rayonnement micro-onde émis par l'intermédiaire d'une antenne, présentant un coefficient de réflexion  $R_o x$ , et on  
15 dirige les signaux reçus vers des moyens de traitement des signaux, est caractérisé par le fait que l'on intercale, entre l'antenne et les dits moyens, une ligne d'impédance donnée, fonction de l'impédance d'entrée des dits moyens, de longueur  $L$  très grande devant la longueur d'onde des  
20 signaux telle que le facteur de corrélation des dits moyens soit négligeable.

En outre, selon le procédé de mesure de l'invention, on dirige les signaux reçus par l'antenne, via la dite longueur  $L$  de ligne, vers l'entrée des dits moyens  
25 de traitement, de gain en puissance  $\gamma_g$ , de température de bruits d'entrée  $T_e$  et de bruits de sortie  $T_s$  tels que l'on recueille en sortie des dits moyens de traitement une tension de sortie

$$V_s = g \gamma [T_x(1 - |R_o x|^2) + T_e |R_o x|^2 + T_s]$$
  
30 puis on calcule périodiquement tous les paramètres en modifiant cycliquement la structure des dits moyens.

A cet égard, pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention, le dispositif de mesure présente une ligne intercalaire de longueur  $L$ , d'impédance donnée fonction de  
35 l'impédance d'entrée des moyens de traitement des signaux, placés entre ces derniers et l'antenne, la dite longueur  $L$  étant très grande devant la longueur d'onde des signaux traités.

En outre, les dits moyens de traitement sont



constitués d'un récepteur hyperfréquence à amplification directe, suivi d'un détecteur quadratique, et précédé d'un commutateur multi-voies hyperfréquence, apte à modifier la structure des dits moyens cycliquement.

5 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante qui n'est cependant donnée qu'à titre indicatif et qui n'a pas pour but de la limiter, accompagnée des dessins qui en font partie intégrante parmi lesquels :

10 - la figure 1 représente le schéma de fonctionnement du dispositif de mesure de température et/ou de détermination du coefficient de réflexion hyperfréquence d'un matériau ou d'un objet quelconque,

15 - la figure 2 montre graphiquement l'importance de l'expression du facteur de corrélation, pour une bande passante déterminée d'un ampli, en fonction de la longueur de la ligne L entre l'antenne et l'entrée de l'ampli,

- la figure 3 représente schématiquement la réalisation structurelle d'un commutateur deux voies,

20 - la figure 4 représente un premier mode de réalisation d'une source de bruit haute impédance introduite dans les dits moyens de la présente invention,

- la figure 5 représente un autre mode de réalisation d'une source de bruit haute impédance  
25 introduite dans les dits moyens de la présente invention,

- la figure 6 représente schématiquement un mode de réalisation d'un circuit de mesure de température d'une charge de référence,

30 - la figure 7 représente schématiquement un autre mode de réalisation d'un circuit de mesure de température d'une charge de référence.

L'invention vise un procédé et un dispositif de mesure de la température d'un matériau ou d'un objet quelconque, utilisant le rayonnement micro-onde, ainsi  
35 qu'une application du procédé de mesure pour la détermination du coefficient de réflexion hyperfréquence d'un matériau ou d'un objet quelconque.

Comme nous l'avons signalé précédemment, il faut prendre le terme "objet" ou "matériau" au sens large,

désignant la matière d'un corps à mesurer, ce corps pouvant être notamment des objets matériels, des substances ou des tissus vivants.

Par ailleurs, il est également à rappeler que tout matériau porté à une température  $T_x$  émet un rayonnement électromagnétique dont la puissance dans le domaine des micro-ondes est proportionnelle à la température et à la bande passante du dispositif de mesure. En particulier, la puissance recueillie par une antenne est donnée par la relation :

$$P = k T_x \Delta f (1 - |R_{ox}|^2)$$

dans laquelle  $k$  est la constante de Boltzman ( $1,38 \cdot 10^{-23}$ ),  $T_x$  la température du matériau à mesurer,  $\Delta f$  la bande passante et  $|R_{ox}|^2$  le coefficient de réflexion de l'antenne.

Lorsqu'on réalise un radiomètre amplification directe, c'est-à-dire lorsque l'on connecte directement à l'entrée d'un amplificateur-récepteur A une antenne, et à sa sortie un détecteur quadratique D, sans intercaler dans la chaîne de circulateur, la tension  $V_s$  en sortie du détecteur est donnée par la relation suivante :

$$V_s = g \gamma [T_x(1 - |R_{ox}|^2) + T_a |R_{ox}|^2 + T_a]$$

dans laquelle  $g$  correspond au gain de l'amplificateur,  $\gamma$  correspond au gain de conversion du détecteur,  $T_a$  correspond au bruit d'entrée de l'amplificateur et  $T_s$  correspond au bruit de l'amplificateur, caractérisant son facteur de bruit.

Cependant, cette relation  $V_s$  doit être corrigée de l'erreur de mesure radiométrique causée par une éventuelle corrélation entre le bruit d'entrée  $T_a$  et le bruit de sortie  $T_s$  de l'amplificateur lorsque la charge à l'entrée du radiomètre n'est pas adaptée.

Le bruit  $T_a$  est lié à la température physique de l'ampli et le bruit  $T_s$  est lié à l'image de la dégradation qu'apporte l'ampli au bruit d'entrée. On dit qu'il y a corrélation entre  $T_a$  et  $T_s$ .

Ainsi, lorsque l'on ne recourt pas au circulateur, la contribution élémentaire, à une fréquence  $f$ , du bruit de corrélation induit par l'amplificateur, est

donnée par la relation suivante :

$$d S_{cor} = k [ |R_{ox}|^2 T_e + T_a + 2\sqrt{|R_{ox}|^2 T_e T_a} \cdot \cos \phi ] df$$

5 dans laquelle :

- k est la constante de Boltzman,
- $\phi$  est le déphasage entre le bruit d'entrée et le bruit de sortie du récepteur égal à  $2\pi \cdot L_o \cdot f / C$ ,
- C est la vitesse de la lumière,
- 10 -  $L_o$  correspond à la longueur intrinsèque de l'amplificateur.

Ainsi, la contribution totale du bruit de corrélation s'obtient en intégrant l'équation précédente dans la bande passante de l'amplificateur et on obtient :

15

$$S_{cor} = k \cdot [ |R_{ox}|^2 T_e + T_a + 2\sqrt{|R_{ox}|^2 T_e T_a} \frac{\sin(\alpha/2 \cdot (f_2 - f_1)) \cdot \cos(\alpha/2 \cdot (f_2 + f_1))}{\alpha/2 \cdot (f_2 - f_1)} ] \Delta f$$

20

avec  $\alpha = \frac{2\pi (2L + L_o)}{C}$

$f_2$  et  $f_1$  étant respectivement les fréquences de coupures haute et basse de l'amplificateur,

25  $\Delta f$  étant la bande passante de l'ampli,  $f_2 - f_1$ ,

L étant la longueur de la ligne entre l'entrée de l'amplificateur et l'antenne.

30 En fonction de ceci, une des caractéristiques de la présente invention réside dans le fait que l'on intercale entre l'antenne et les dits moyens de traitement des signaux, notamment son amplificateur, une ligne d'impédance donnée, fonction de l'impédance d'entrée de l'amplificateur, de longueur L très grande devant la  
35 longueur d'onde des signaux telle que le facteur de bruit de corrélation des dits moyens soit négligeable.

Dans l'équation précédente  $S_{cor}$ , on aura de ce fait la quantité:

$$2\sqrt{|R_{ox}|^2 T_e T_a} \frac{\sin(\alpha/2 \cdot (f_2 - f_1)) \cdot \cos(\alpha/2 \cdot (f_2 + f_1))}{\alpha/2 \cdot (f_2 - f_1)}$$

tend vers zéro lorsque  $\alpha$  tend vers l'infini. Cette condition est remplie lorsque L est très grand par rapport à la longueur d'onde des signaux traités à savoir  $C/f_2 - f_1$ .

Le graphe de la figure 2 montre l'influence de la corrélation et plus précisément le rapport  $V_{cor}/V_s$  en fonction de la longueur L en centimètres entre l'antenne et l'entrée de l'ampli.

On voit que le rapport tend vers zéro lorsque L est très grand devant la longueur d'onde. Par exemple, pour un ampli travaillant dans une bande passante 2 à 4 GHz, on commence à obtenir des résultats à partir d'une longueur L de l'ordre de 10 cm. Par sécurité, on utilisera une longueur de 40 cm par exemple.

Par ailleurs, l'impédance de cette ligne L doit correspondre sensiblement à l'impédance d'entrée de l'amplificateur pour éviter une désadaptation. En hyperfréquence, les amplificateurs utilisés généralement ont une impédance d'entrée de l'ordre de 50 ohms c'est pourquoi on choisira un tronçon de ligne L pour conduire l'énergie de l'antenne vers l'ampli d'impédance caractéristique  $Z_c$  50 ohms.

Cela étant, on peut alors considérer que le signal radiométrique est donné par la relation évoquée précédemment à savoir :

$$V_s = g \gamma [T_x (1 - |R_{ox}|^2) + T_a |R_{ox}|^2 + T_a]$$

Aussi, selon une autre caractéristique du procédé de mesure de la présente invention, on dirige les signaux reçus par l'antenne, via la dite longueur de ligne L, vers l'entrée de moyens de traitement telle que l'on recueille en sortie la dite tension  $V_s$  puis on calcule périodiquement tous les paramètres en modifiant cycliquement la structure des dits moyens.

La figure 1 montre à titre d'exemple le schéma d'un dispositif de mesure de température  $T_x$  d'un matériau ou d'un objet quelconque permettant la mise en oeuvre du procédé de l'invention.

On retrouve sur ce schéma une antenne de

réception 1 des signaux émis par l'objet 2, dont on cherche à déterminer la température  $T_x$ , reliée aux moyens de traitement 3 par l'intermédiaire d'une ligne intercalaire 4 de longueur L telle que définie ci-dessus.

5 Plus précisément, les moyens de traitement 3 sont constitués d'un récepteur hyperfréquence 15 à amplification directe suivi d'un détecteur quadratique 6 et précédé d'un commutateur 8 multi-voies hyperfréquence.

10 Comme nous l'avons vu précédemment, le récepteur hyperfréquence 15 peut être constitué par un amplificateur A, de bande passante hyperfréquence, de gain g important, et de faible facteur de bruit.

15 Par ailleurs, étant donnée l'absence du circulateur traditionnel, on pourra réaliser cet amplificateur dans une technologie monolithique intégrée.

Pour ce qui est du détecteur quadratique 6, de gain de conversion  $\gamma$ , il sera avantageusement constitué par une diode de détection Schottky, facilement intégrable également.

20 Cela étant, selon la présente invention, pour déterminer la valeur de la température  $T_x$ , on va chercher à résoudre l'équation :

$$V_s = g \gamma [T_x (1 - |R_{o\ x}|^2) + T_e |R_{o\ x}|^2 + T_a]$$

25 dans laquelle les paramètres à déterminer sont  $g\gamma$ ,  $T_e$ ,  $T_a$ ,  $|R_{o\ x}|^2$ , et  $T_x$ .

30 Nous disposons donc d'une équation à cinq inconnus, et selon le procédé de l'invention, on va donc modifier cycliquement la structure des moyens de traitement des signaux autant de fois qu'il le faut pour obtenir autant qu'équations que d'inconnus.

35 Cependant, pour faciliter cette résolution, selon le procédé de l'invention, on soumet en outre sélectivement et cycliquement les dits moyens de traitement à l'influence d'une source de bruit  $\Delta T_e$  haute impédance ( $Z \gg Z_c$ ) afin de ne pas perturber la ligne de mesure, ce qui modifie la relation donnant la tension de sortie  $V_s$  de la façon suivante :

$$V_{\Sigma} = g \gamma [T_x(1 - |R_{Ox}|^2) + T_{\Sigma}|R_{Ox}|^2 + T_{\Sigma} + \Delta T_{\Sigma}(1 + |R_{Ox}|^2)]$$

Alors, le dispositif de la présente invention, et plus précisément les dits moyens de traitement 3 comportent, comme le montre la figure 1, en outre une source de bruit 9, apte à réinjecter du bruit complémentaire  $\Delta T_{\Sigma}$ , placée à l'entrée des dits moyens, et plus précisément à l'entrée de l'amplificateur 5.

Cette source de bruit est un élément avantageux qui permettra de faciliter la résolution du système d'équations.

A ce sujet, le dit commutateur 8 présentera avantageusement au moins quatre voies hyperfréquences, qui comme le montre la figure 1, sont assujetties à :

- une charge 10, de caractéristiques connues présentant une température  $T_1$ ,
- une ligne de longueur L, similaire à la ligne intermédiaire 4, cette ligne étant reliée à un court-circuit,
- la dite ligne intermédiaire 4 de longueur L reliée à l'antenne 1,
- une autre charge 12 de caractéristiques connues et présentant une température  $T_2$ ,
- la dite source de bruit  $9\Delta T_{\Sigma}$ .

Les quatre différentes voies du commutateur sont repérées sur la figure par un numéro d'ordre, respectivement 1, 2, 3, et 4, entouré; le numéro d'ordre 5 entouré correspond à une commande 5, notamment logique, mettant ou non en service la dite source  $\Delta T_{\Sigma}$ .

Par ailleurs, pour commander cycliquement le dit commutateur hyperfréquence 8 et la dite commande 5, le dispositif de la présente invention comporte une unité de calcul et de synchronisation 13, afin d'autoriser en coopération avec le dit commutateur 8 et la dite commande 5, la résolution mathématique en temps réel d'un système d'équations défini à chaque état du commutateur, en vue de déterminer au moins la température  $T_x$  du corps à mesurer.

Plus précisément, selon le procédé de mesure de la présente invention, cycliquement on relie l'entrée des

aits moyens de traitement, ou plus précisément l'entrée du récepteur amplificateur 15, à:

- la charge 10 de température  $T_1$ , en utilisant le commutateur sur la voie 1,
- 5        - la dite charge 10 de température  $T_1$  et la source de bruit 9  $\Delta T_B$ , en utilisant le commutateur sur la voie 1 et en alimentant la dite source  $\Delta T_B$  via la commande 5.
- un court-circuit via la ligne 11, en plaçant le commutateur sur la voie 2,
- 10        - l'antenne 1 via la ligne 4 L, en plaçant le commutateur sur la voie 3,
- la dite antenne 1 via la dite ligne 4 et la dite source de bruit complémentaire 9, en plaçant le commutateur sur les voies 3 et en alimentant la dite source  $\Delta T_B$  via la commande 5,
- 15        - la charge 12 de température  $T_2$  en plaçant le commutateur sur la voie 4.
- Ainsi, à chaque cycle, on obtient le système d'équations suivant :
- 20

$$V_1 = \gamma_g [T_1 + T_a]$$

$$V_{15} = \gamma_g [T_1 + T_a + \Delta T_B]$$

25

$$V_2 = \gamma_g [T_e + T_a]$$

$$V_3 = \gamma_g [(1 - |R_{ox}|^2) T_x + |R_{ox}|^2 T_e + T_a]$$

$$30 \quad V_{35} = \gamma_g [(1 - |R_{ox}|^2) T_x + |R_{ox}|^2 T_e + T_a + (1 + |R_{ox}|^2) \Delta T_B]$$

$$V_4 = \gamma_g [T_2 + T_a]$$

Un tel système à six équations et six inconnus  
 35 peut être traité par des moyens de calcul classiques tels que l'unité de calcul 13 organisée autour d'un micro-processeur, d'une carte d'interface entrée et sortie analogique (convertisseur analogique digital/digital analogique) d'une carte entrée et sortie logique (PIA) et

des moyens d'affichage.

L'unité 13 permettra donc la détermination des six paramètres et notamment l'affichage des valeurs de température  $T_x$  et du coefficient de réflexion de l'antenne  $|R_o|^2$ . On pourra en outre si le besoin est afficher les paramètres spécifiques à l'ampli  $\gamma_g$ ,  $T_e$  et  $T_a$ ,  $\Delta T_B$ .

En conclusion, les différents paramètres seront obtenus par les équations suivantes:

10

$$\gamma_g = \frac{V_1 - V_4}{T_1 - T_2}$$

15

$$\Delta T_B = \frac{V_{15} - V_1}{V_1 - V_4} (T_1 - T_2)$$

20

$$|R_o|^2 = \frac{V_{15} - V_3}{V_{15} - V_1} - 1$$

25

$$T_a = \frac{T_1 V_4 - T_2 V_1}{V_1 - V_4}$$

30

$$T_e = \frac{V_2 (T_1 - T_2) - T_1 V_4 + T_2 V_1}{V_1 - V_4}$$

35

$$T_x = T_1 + \frac{(T_2 - T_1)}{(V_4 - V_1)(1 - |R_o|^2)} [(V_3 - V_1) - |R_o|^2 (V_2 - V_1)]$$

Cette unité de calcul et de synchronisation est



gérée par un programme en boucle qui comprend :

- l'initialisation de la carte logique,
- la commande des quatre voies du commutateur hyperfréquence et l'acquisition des signaux radiométriques moyennés sur une prise de "n" échantillons, par exemple  $n=100$ ,
- la commande 5 mettant en service ou non la dite source de bruit  $\Delta T_B$ ,
- le calcul des paramètres  $T_x$ ,  $|R_{ox}|^2$ ,  $T_{\bullet}$ ,  $T_{\bullet}$ ,  $\gamma_g$ ,  $\Delta T_B$ ,
- la moyenne des paramètres sur "n" valeurs,
- l'affichage des résultats,
- le retour à l'initialisation.

Pour ce qui est de la structure des charges 10 et 12, on utilisera avantageusement des charges dont l'impédance est adaptée à celle de l'entrée de l'amplificateur et donc dans le cas présent des charges d'impédance de 50 ohms qui seront placées chacune à une température pré-établie et connue  $T_1$  et/ou  $T_2$ .

Pour ce qui est du commutateur hyperfréquence 8, on utilisera avantageusement un montage d'éléments MES FET à quatre voies.

A titre d'exemple, la figure 3 montre un tel montage d'éléments MES FET pour constituer un commutateur hyperfréquence à deux voies à forte isolation.

On dispose de quatre éléments MES FET 14 disposés en séries dont les grilles sont commandées deux à deux respectivement en  $G_1$  et en  $G_2$  à partir de l'unité de calcul et de synchronisation 13.

Entre les points  $ES_1$  et  $ES_2$ , on dispose alors des deux voies souhaitées E étant le point commun du commutateur.

Une telle technique est à la portée de l'homme du métier considéré et sera étendue à la réalisation d'un commutateur à quatre voies

Enfin, les figures 4 et 5 montrent deux modes de réalisation envisageables pour la source de bruit 9.

La figure 4 montre une telle source de bruit complémentaire 9 constitué par un élément 19 MES FET dont

on utilise le contact Schottky polarisé en inverse jusqu'au régime d'avalanche. Le bruit d'avalanche ainsi obtenu est contrôlé par un générateur de courant 18.

5 En revanche, la figure 5 montre l'utilisation d'une diode 16 à avalanche placée en série avec une résistance 17  $R_p$ , de valeur ohmique importante vis-à-vis de l'impédance d'entrée des dits moyens, disposées à l'entrée de ces derniers.

10 Ces montages sont aussi à la portée de l'homme du métier. Toutefois, l'impératif à ne pas perdre de vue consiste à réaliser une source de bruit d'impédance importante vis-à-vis de celle de l'entrée de l'amplificateur pour ne pas désadapter le circuit.

15 Pour ce qui est de l'antenne, on utilisera tout dispositif apte à capter le rayonnement hyperfréquence tel que cellule de mesure, applicateur, dipôle quelconque.

Pour déterminer les valeurs des températures  $T_1$  ou  $T_2$  des charges 10 ou 12, on pourra utiliser diverses méthodes telles que l'illustrent les figures 6 et 7.

20 Dans la figure 6, on introduit les résistances planar AsGa, constituant les charges 10, 12, de coefficient de température connu, dans un pont de wheastone 23 qui est par exemple alimenté par un générateur 22 continu ou alternatif et délivre en sortie 25 un signal proportionnel à la température  $T_1$  ou  $T_2$ , par l'intermédiaire d'un  $T_s$  de polarisation à inductance-capacité 20, 21.

30 Dans la figure 7, on dépose sur les résistances planar AsGa, constituant les charges 10, 12, préalablement isolées par un polymide 26, un film résistif 24 de nickel-chrome (NiCr), ou de nitrure de tantal (NiTa), de coefficient de température connu. Ces résistances 24 NiCr ou NiTa sont introduites dans un pont de mesure, tel qu'un pont de wheastone 23 par exemple comme décrit précédemment.

35 Cela étant, le raisonnement qui vient d'être effectué part du principe que le commutateur hyperfréquence 8 est sans perte. Cependant, un tel commutateur présente inévitablement une certaine résistance caractérisée par "a" image de la transmission d'une des voies du commutateur.

Ainsi, une partie de la puissance de bruit

thermique sera atténuée par le commutateur et l'on pourra considérer que le commutateur utilisé est équivalent à un atténuateur porté à une température  $T_{com}$ . Ainsi, la relation générale de la tension de sortie  $V_s$  s'écrit :

5

$$V_s = g \gamma \{ [1 - a (1 - |R_{ox}|^2) - |R_{ox}|^2 a^2] T_{com} + a^2 |R_{ox}|^2 T_e + a(1 - |R_{ox}|^2) T_x + T_a + \Delta T_B (1 + a^2 |R_{ox}|^2) \}$$

10 Il est à remarquer que  $T_{com}$  peut prendre la valeur de  $T_1$  pour peu que le commutateur 8 soit placé au voisinage immédiat grâce à l'intégration monolithique du dispositif.

Quant à l'autre charge 12 portée à  $T_2$ , elle sera isolée thermiquement du reste grâce aux puits thermiques, technique connue de l'homme du métier.

15 On introduit alors une nouvelle inconnue: "a", il y a donc lieu de déterminer une nouvelle équation complémentaire. Ceci est possible avec le commutateur tel que décrit précédemment et on fera par exemple l'étape suivante supplémentaire :

- commutateur placé sur la voie 2 et en alimentant la dite source  $T_B$  via la commande 5.

On obtiendra ainsi la relation suivante :

25 
$$V_{25} = g \gamma [(1 - a^2) T_{com} + a^2 T_e + T_a + (1 + a^2) \Delta T_B]$$

et en faisant :  $T_{com} = T_1$ , la relation devient :

30 
$$V_{25} = g \gamma [(1 - a^2) T_1 + a^2 T_e + T_a + (1 + a^2) \Delta T_B]$$

Néanmoins, un calcul identique au précédent permettra d'arriver à des relations déterminant les différentes variables si on ne néglige pas les pertes au niveau du commutateur, et si on fixe  $T_{com} = T_1$  à savoir:

35

$$V_1 = g \gamma [(1 - a) T_1 + a T_1 + T_a]$$

$$V_{15} = g \gamma [(1 - a) T_1 + a T_1 + T_a + \Delta T_B]$$

$$V_2 = g\gamma [(1 - a^2)T_1 + a^2T_o + T_a]$$

$$V_3 = g\gamma \{ [1 - a(1 - |R_o|^2) - a^2|R_o|^2]T_1 + a^2|R_o|^2T_o + (1 - |R_o|^2)aT_x + T_a \}$$

$$V_{35} = g\gamma \{ [1 - a(1 - |R_o|^2) - a^2|R_o|^2]T_1 + a^2|R_o|^2T_o + (1 - |R_o|^2)aT_x + T_a + \Delta T_B (1 + a^2|R_o|^2) \}$$

$$V_4 = g\gamma [(1 - a)T_1 + aT_2 + T_a]$$

Bien sûr, il apparaît évident qu'une application particulière concerne la mesure de température en milieu industriel, ou médical, ou en domotique.

Au-delà de ce domaine d'application, il faut souligner une autre application du procédé de mesure de la présente invention pour la détermination du coefficient de réflexion hyperfréquence d'un matériau ou d'un objet quelconque.

Par ce biais, on pourra alors déterminer les propriétés diélectriques ou physiques d'un matériau par exemple à savoir taux d'humidité, structure, etc....

Naturellement, d'autres mises en oeuvre de la présente invention, à la portée de l'homme de l'art, pourraient être envisagées sans pour autant sortir du cadre de la présente invention.

## REVENDECATIONS

1. Procédé de mesure de la température  $T_x$  d'un matériau ou d'un objet quelconque, utilisant le rayonnement micro-onde, par lequel on capte le rayonnement micro-onde émis par l'intermédiaire d'une antenne (1), présentant un coefficient de réflexion  $|R_{ox}|^2$ , et on dirige les signaux reçus vers des moyens de traitement des signaux (3), caractérisé par le fait que l'on intercale, entre l'antenne (1) et les dits moyens (3), une ligne (4) d'impédance donnée, fonction de l'impédance d'entrée des dits moyens (3), de longueur L très grande devant la longueur d'onde des signaux traités, telle que le facteur de corrélation des dits moyens (3) soit négligeable.

2. Procédé de mesure selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on dirige les signaux reçus par l'antenne (1), via la dite longueur L de ligne (4), vers l'entrée des dits moyens de traitement (3), de gain en puissance  $\gamma_g$ , de température de bruit d'entrée  $T_e$  et de bruit de sortie  $T_s$  tels que l'on recueille en sortie des dits moyens une tension de sortie :

$$V_s = g \gamma [T_x(1 - |R_{ox}|^2) + T_e |R_{ox}|^2 + T_s]$$

puis on calcule périodiquement tous les paramètres en modifiant cycliquement la structure des dits moyens (3).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'on soumet en outre sélectivement et cycliquement les dits moyens de traitement (3) à l'influence d'une source (9) de bruit  $\Delta T_B$  haute impédance et on recueille alors en sortie des dits moyens (3) une tension correspondante à :

$$V_s = g \gamma [T_x(1 - |R_{ox}|^2) + T_e |R_{ox}|^2 + T_s + \Delta T_B(1 + |R_{ox}|^2)]$$

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que cycliquement, on relie l'entrée des dits moyens de traitement (3) à :

- une charge (10) de caractéristiques connues et de température  $T_1$ ,

- la dite charge (10) et la source (9) de bruit  $\Delta T_B$ ,
- un court-circuit via une ligne (11) de longueur L,
- 5       - la dite antenne via la dite ligne (4) intercalaire de longueur L,
- la dite antenne (1) via la dite ligne (4) et la dite source (9) de bruit  $\Delta T_B$ ,
- une charge de caractéristiques connues et de
- 10   température  $T_2$ .

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait qu'à chaque cycle on calcule au moins la température  $T_x$  en résolvant le système d'équations ainsi obtenu respectivement:

15.

$$V_1 = \gamma_g [T_1 + T_a]$$

$$V_{1s} = \gamma_g [T_1 + T_a + \Delta T_B]$$

20

$$V_2 = \gamma_g [T_2 + T_a]$$

$$V_3 = \gamma_g [(1 - |R_{ox}|^2) T_x + |R_{ox}|^2 T_a + T_a]$$

$$V_{3s} = \gamma_g [(1 - |R_{ox}|^2) T_x + |R_{ox}|^2 T_a + T_a + (1 + |R_{ox}|^2) \Delta T_B]$$

25

$$V_4 = \gamma_g [T_2 + T_a]$$

6. Dispositif de mesure de la température  $T_x$  d'un matériau ou d'un objet quelconque, utilisant le rayonnement micro-onde, autorisant la mise en oeuvre du procédé de la revendication 1, comprenant une antenne (1) de réception des signaux émis et des moyens (3) de traitement des signaux, caractérisé par le fait qu'il présente une ligne intercalaire (4) de longueur L,

30 d'impédance donnée en fonction de l'impédance d'entrée des dits moyens (3), placée entre l'antenne (1) et les dits moyens (3), la dite longueur L étant très grande devant la longueur d'onde des signaux traités.

35

7. Dispositif selon la revendication 6,

caractérisé par le fait que les dits moyens de traitement (3) sont constitués d'un récepteur hyperfréquence (15) à amplification directe, suivi d'un détecteur quadratique (6) et précédé d'un commutateur (8) multi-voies hyperfréquence.

5                   8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que les dits moyens de traitement (4) comportent en outre une source (9) de bruit apte à réinjecter du bruit complémentaire  $\Delta T_B$  placée à l'entrée des dits moyens (3).

10                   9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le dit commutateur (8) présente quatre voies hyperfréquences assujetties à :

- une charge (10) de caractéristiques connues et de température  $T_1$ ,

15                   - une ligne (11) de longueur L reliée à un court-circuit,

- la dite ligne (4) intercalaire de longueur L reliée à l'antenne,

20                   - une autre charge (12) de caractéristiques connues et de température  $T_2$ ,

- la dite source (9) de bruit  $\Delta T_B$ , mise en service ou non par l'intermédiaire d'une commande 5.

25                   10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait qu'il comporte une unité (13) de calcul et de synchronisation permettant d'une part cycliquement la commande du dit commutateur (8) hyperfréquence et la dite commande 5 et d'autre part la résolution mathématique en temps réel d'un système d'équations défini à chaque état du commutateur (8) en vue  
30 de déterminer au moins la température  $T_x$  du corps à mesurer.

35                   11. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que le dit récepteur (15) est constitué par un amplificateur monolithique intégré, de bande passante hyperfréquence, de gain g important et de facteur de bruit faible.

12. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que le détecteur quadratique (6) est constitué par une diode de détecteur Schottky.

13. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait que la source (9) de bruit complémentaire est constituée par un élément (19) MES FET, polarisé en inverse jusqu'au régime d'avalanche.

5 14. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait que la source (9) de bruit complémentaire est constituée par une diode avalanche (16) placée en série avec une résistance  $R_p$  (17), de valeur ohmique importante vis-à-vis de l'impédance d'entrée des  
10 dits moyens (3), disposées à l'entrée de ces derniers.

15 15. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que le dit commutateur (8) est constitué par un montage d'éléments (14) MES FET à quatre voies.

16 16. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que la ligne L est choisie avec une impédance de 50 ohms et une longueur d'au moins 10 cm pour une bande passante de fréquence de 2 à 4 GHz.

20 17. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que les dites charges (10, 12) présentent une impédance de 50 ohms et sont placées à une température prédéterminée et connue  $T_1$ ,  $T_2$ .

25 18. Application du procédé de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 à la détermination du coefficient de réflexion hyperfréquence d'un matériau ou d'un objet quelconque.



1/3

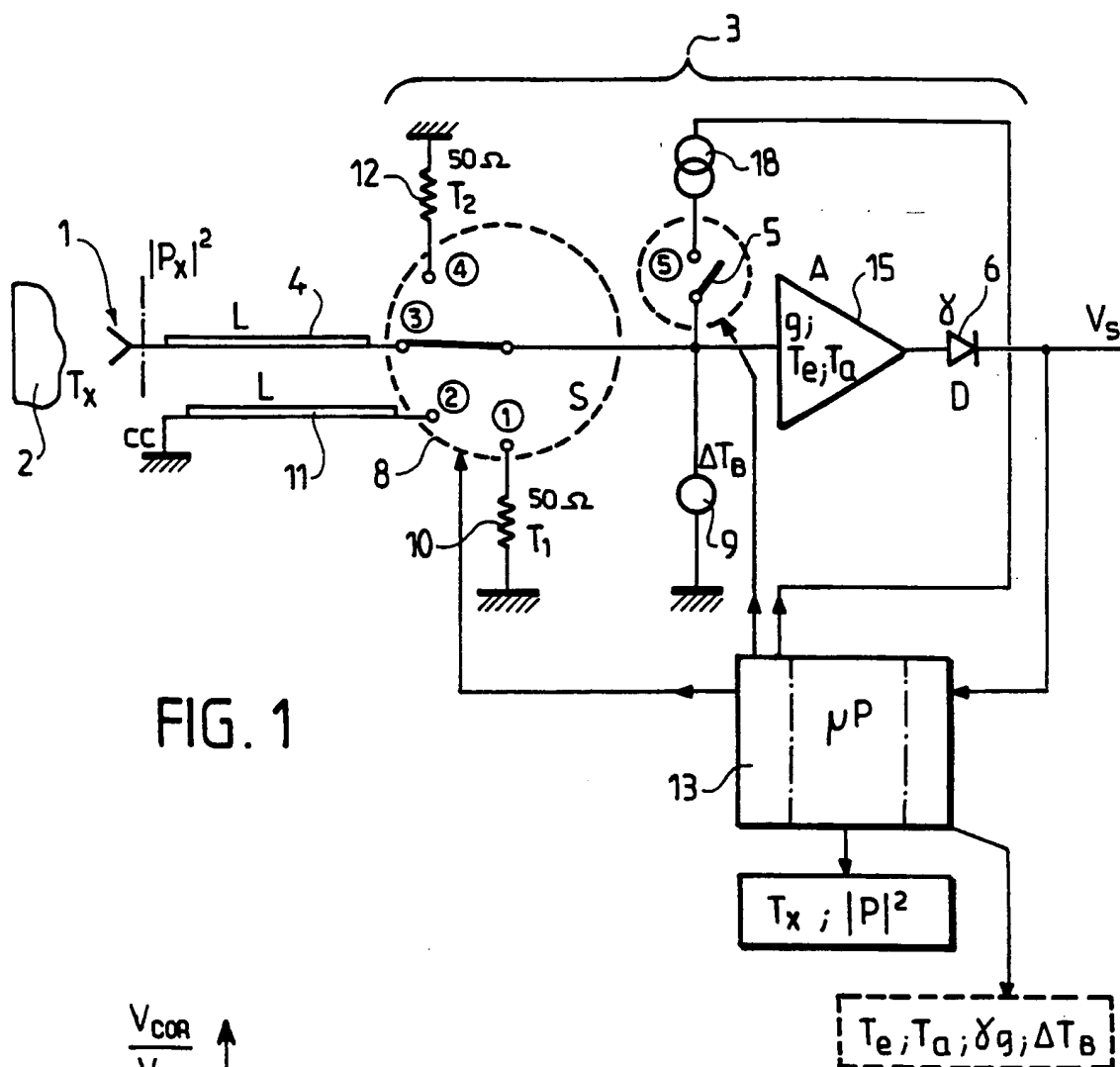


FIG. 1

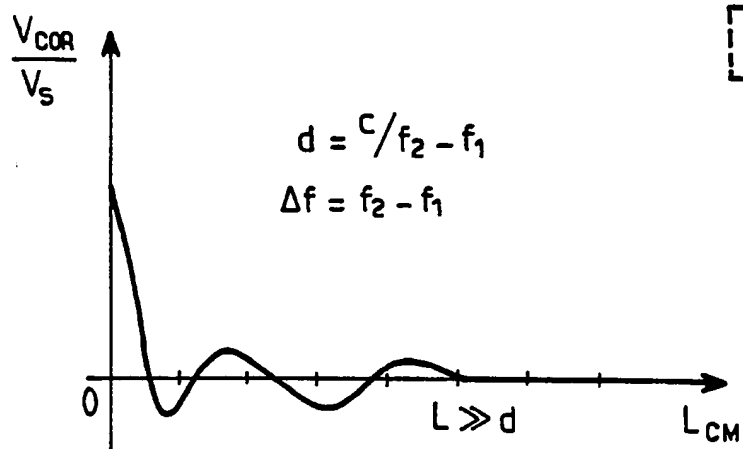
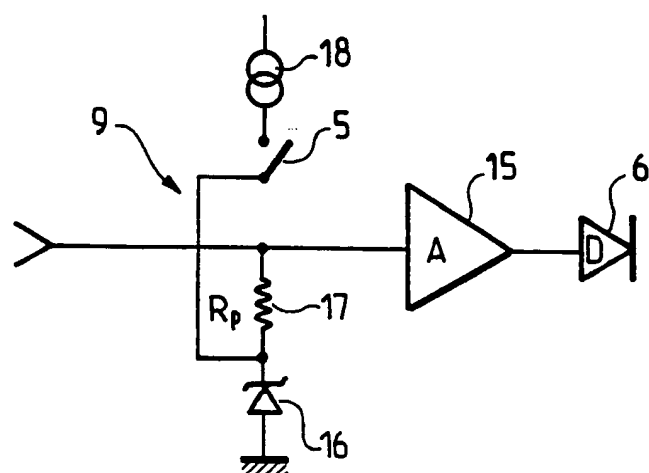
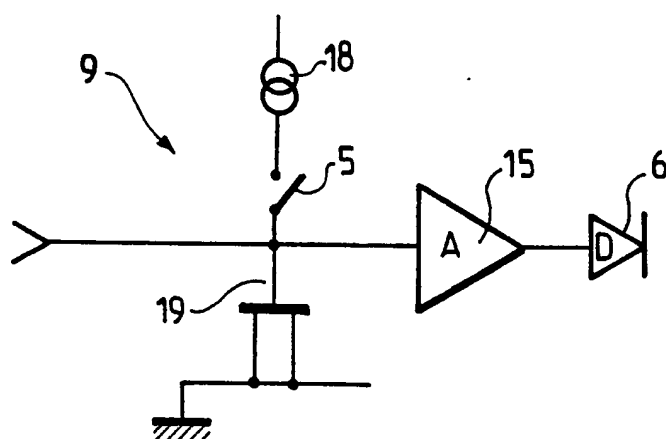
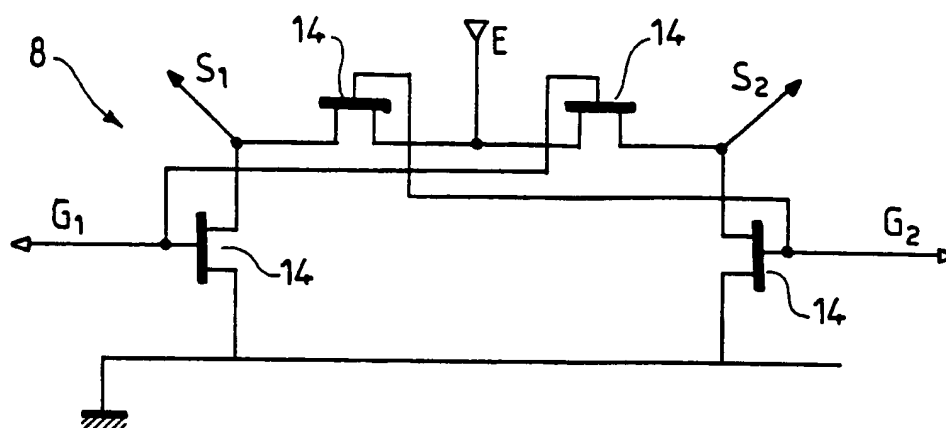


FIG. 2

2/3



3/3

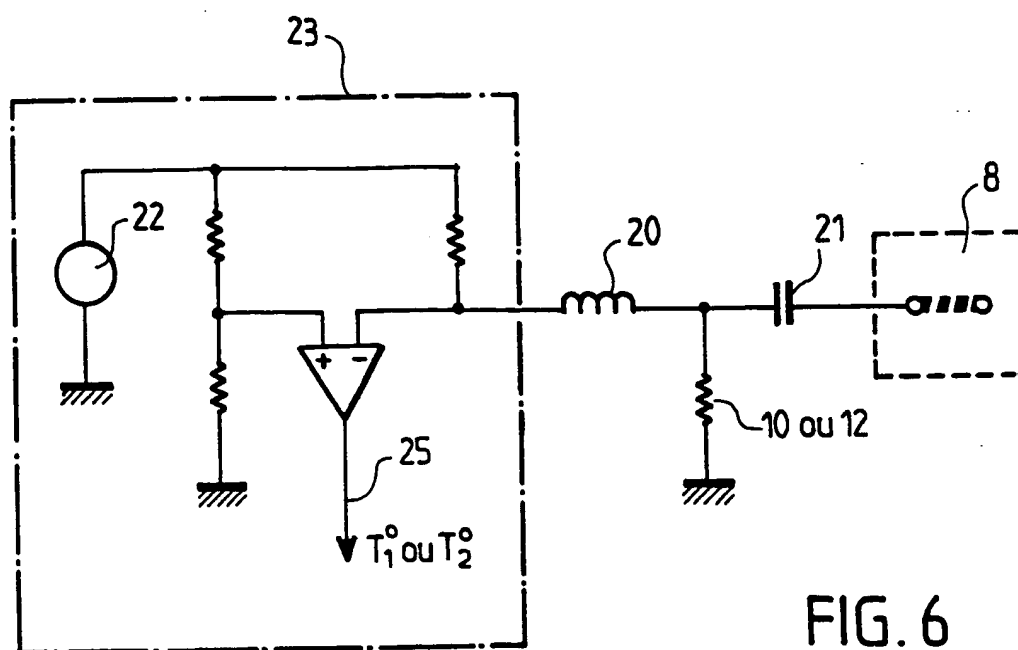


FIG. 6

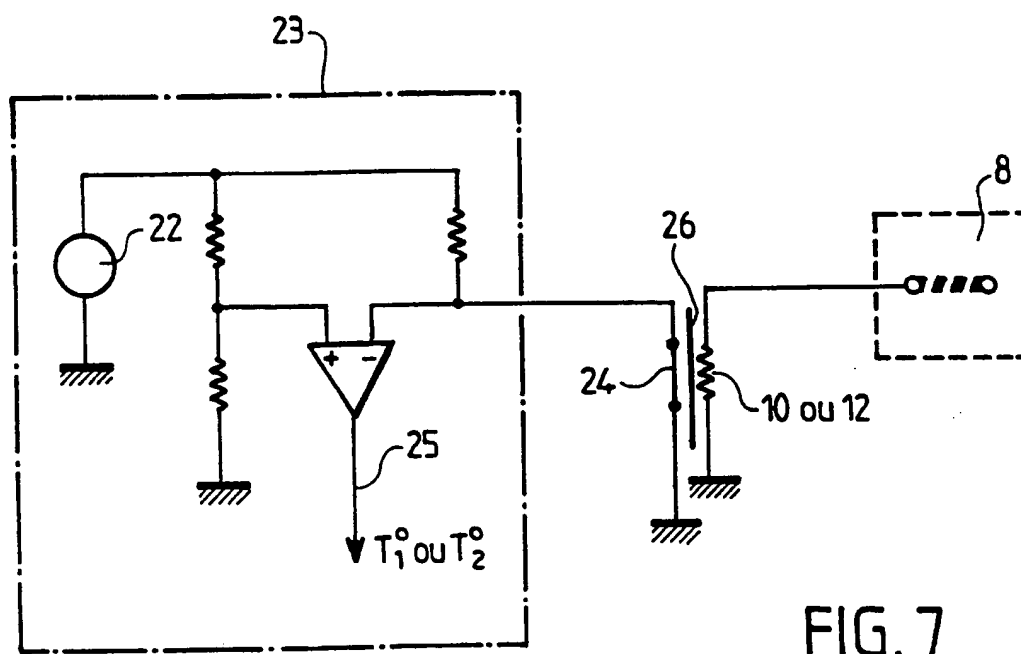


FIG. 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR92/00080

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. <sup>5</sup> : G01R 29/08		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System :	Classification Symbols	
Int. Cl. <sup>5</sup> G01R		
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <sup>9</sup>		
Category <sup>6</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	EP, A, 015 9279 (C.N.R.S.) 23 october 1985, see pages 1-7; figures 1-3 (cited in the application)	1-4,6-13
P,A	FR, A, 2650390 (INST. NAT. DE LA SANTE) 1 February 1991, see pages 1-12; page 20; figures 1,13	1-12
A	EP, A, 0294854 (THE UNIV. COURT OF THE UNIV OF GLASGOW) 14 December 1988, see abstract; column 3; figures 1,4,5	1,6
A	L'onde Electrique, Vol.69, No.5, September/October 1989,(Paris,FR), D. VANLOOT et al.: "Nouveau dispositif électronique de traitement du signal basse fréquence dans les radiomètres à usages médicaux", pages 60-65, see pages 60-61	1-4,6-13
A	Conference Proceedings, 19th European Microwave Conference, London , 4-7 September 1989, Microwave Exhibitions and Publishers Ltd, I.M. ANGELOV et al.: "Radiometer for microwave thermography", pages 924-929	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><sup>9</sup> Special categories of cited documents: <sup>10</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
11 May 1992 (11.05.92)		24 June 1992 (24.06.92)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
European Patent Office		

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 36, No.1, January 1988, (New York, NY, US ) Y KATO et al.: " A method for evaluating the noise temperatures of microwave thermal noise sources by introducing an auxiliary transmission line", pages 145-147, see pages 145-146 -----	1,6

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

FR 9200080  
SA 56646

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 27/05/92. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A- 0159279	23-10-85	FR-A- 2561769 US-A- 4677988	27-09-85 07-07-87
FR-A- 2650390	01-02-91	None	
EP-A- 0294854	14-12-88	AU-B- 586949 AU-A- 1470188 AU-B- 573557 AU-A- 2314284 CA-A- 1253207 EP-A, B 0114094 JP-A- 59192925 US-A- 4627442	27-07-89 21-07-88 16-06-88 19-07-84 25-04-89 25-07-84 01-11-84 09-12-86

PCT/FR 92/00080

Formulaire PCT/ISA/210 (dernière feuille) (Janvier 1985)

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS<sup>14</sup>(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDiques SUR LA  
DEUXIEME FEUILLE)

Catégorie °	Identification des documents cités, <sup>16</sup> avec indication, si nécessaire des passages pertinents <sup>17</sup>	No. des revendications visées <sup>18</sup>
1	A Conference Proceedings, 19th European Microwave Conference, Londres, 4-7 septembre 1989, Microwave Exhibitions and Publishers Ltd, I.M. ANGELOV et al.: "Radiometer for microwave thermography", pages 924-929 ---	
6	A IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 36, no. 1, janvier 1988, (New York, NY, US), Y. KATO et al.: "A method for evaluating the noise temperatures of microwave thermal noise sources by introducing and auxiliary transmission line", pages 145-147, voir pages 145-146 -----	1,6



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE  
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 9200080  
SA 56646

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 27/05/92  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A- 0159279	23-10-85	FR-A- 2561769 US-A- 4677988	27-09-85 07-07-87
FR-A- 2650390	01-02-91	Aucun	
EP-A- 0294854	14-12-88	AU-B- 586949 AU-A- 1470188 AU-B- 573557 AU-A- 2314284 CA-A- 1253207 EP-A, B 0114094 JP-A- 59192925 US-A- 4627442	27-07-89 21-07-88 16-06-88 19-07-84 25-04-89 25-07-84 01-11-84 09-12-86

EPO FORM P0472

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82